

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-288719

(43)公開日 平成7年(1995)10月31日

(51)Int.Cl.

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

H 0 4 N 5/21

B

G 0 6 T 5/00

7/20

G 0 6 F 15/ 68

3 5 0

15/ 70

4 1 0

9061-5L

審査請求 未請求 請求項の数4 FD (全 8 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願平6-101764

(22)出願日

平成6年(1994)4月18日

(71)出願人 000001214

国際電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号

(72)発明者 浜田 高宏

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 国際
電信電話株式会社内

(72)発明者 川田 亮一

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 国際
電信電話株式会社内

(72)発明者 松本 修一

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 国際
電信電話株式会社内

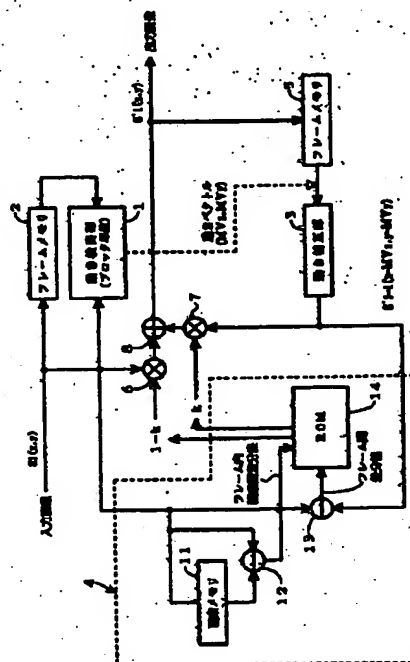
(74)代理人 弁理士 田中 香樹 (外2名)

(54)【発明の名称】 動き適応型雑音除去フィルタおよびこれを用いた動き補償フレーム間符号化装置

(57)【要約】

【目的】 動きのある映像部分の雑音に対しても有効に対処することができる動き適応型雑音除去フィルタを提供すること。

【構成】 動き検出部1にて、局所的に、正確な動きベクトルを検出する。動き補正部3は、得られた動きベクトルに基づいて、フレームメモリ5に格納されてる前フレームに対して動き補正を行う。掛算器6、7および加算器8は、フレーム間の低域通過フィルタをかける。この時、フィルタ係数制御部4の制御により、画素単位にフィルタ係数 k の制御を行う。この結果、動きのある画像においてもボケを最小限にとどめながら、雑音を大幅に低減し、高画質化が可能となる。



BEST AVAILABLE COPY

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 動画像から、該動画像に重畳した雑音を除去するようにした動き適応型雑音除去フィルタにおいて、

前記動画像に対して、局所的に、動きベクトルを検出する手段と、

得られた該動きベクトルに基づいて動き補正を行う手段と、

現フレームと動き補正された前フレーム間に適用される低域通過フィルタと、

該低域通過フィルタのフィルタ係数 k を制御するフィルタ係数制御部とを具備したことを特徴とする動き適応型雑音除去フィルタ。

【請求項2】 請求項1の動き適応型雑音除去フィルタにおいて、

前記フィルタ係数制御部は、

動き補正フレーム間差分の絶対値を求める手段と、

フレーム内の近傍画素との画素間差分の絶対値を求める手段と、

前記二つの絶対値から、フィルタ係数 k を求める手段とからなることを特徴とする動き適応型雑音除去フィルタ。

【請求項3】 符号化側の動き補償フレーム間DPCMループと、復号化側のフレーム間DPCMとを備えた動き補償フレーム間符号化装置において、

前記符号化側の動き補償フレーム間DPCMループ内で、局部復号を作り出す直前の予測誤差の量子化再生値に、前記フィルタ係数 k を乗じる掛算器と、

前記復号化側のフレーム間DPCM直前の予測誤差再生値に、前記フィルタ係数 k を乗じる掛算器とを具備したことを特徴とする動き補償フレーム間符号化装置。

【請求項4】 請求項3の動き補償フレーム間符号化装置において、

前記フィルタ係数 k は、動き補正フレーム間差分の絶対値と、フレーム内の近傍画素との画素間差分の絶対値とに基づいて決定されるようにしたことを特徴とする動き補償フレーム間符号化装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は動き適応型雑音除去フィルタおよびこれを用いた動き補償フレーム間符号化装置に関し、特に、動画像に重畳している雑音を取り除き、高画質化を達成するための動き適応型雑音除去フィルタおよびこれを用いた動き補償フレーム間符号化装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、動画像から雑音を除去する方式（以下、第1方式と呼ぶ）として、画像信号はフレーム間相関が高く、一方該画像信号に重畳した雑音はフレーム間相関が低いことを利用して、フレーム間低域通過フ

2

ルタにより雑音だけを効率よく除去するようにするものがある。この方式によれば、画像の静止部分あるいはゆっくりとした動き部分において、雑音を信号部分から効率よく弁別し、該雑音を除去することができる。

【0003】 また、圧縮を前提とした動き補償フレーム間符号化において、符号化雑音を除去することを目的として、雑音除去フィルタを導入する場合、一度再生画像を作ったあとで、再びフレーム間閉ループを構成し、フィルタをかける方式（以下、第2方式と呼ぶ）すなわち

10 ポスト処理方式が実施されていた。

【0004】 例えば、図8に示すように、動き補償フレーム間符号化部にて、入力信号 x_i を符号化して量子化雑音 n_i が重畳された予測誤差信号 $(\varepsilon_i + n_i)$ を得、これを一度予測信号 y_{i2} に再生した後、雑音除去フィルタ部で雑音を除去し、最終出力信号 y_{i3} を得るようにしていた。ここに、 Z^{-1} はフレーム遅延を表す遅延因子である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、前記第1の方式は、動き補正は全く行わないか、たとえ行っても画面単位などの単純なものであった。この結果、動き補正が不完全なため、動画像にボケが生じることとなり、雑音除去が不完全となっていた。また、原信号がフレーム間で大きく変化している所、すなわち激しい動きをしている所へ前記フレーム間低域通過フィルタをかけると原信号が大きく損なわれ、2線ボケなどの歪を生じることとなる。例えば、人が静止しながら手だけを上下に勢い良く振る映像があったような場合、これに前記フレーム間の低域通過フィルタを適用すると、静止している人の映像部分は雑音を効率良く除去できるが、振られている手の映像部分は2線ボケなどの歪を生じることとなった。

【0006】 また、前記第2の方式は、ハードウェアの増大をまねき、また伝送すべき情報量、すなわち予測誤差信号 ε_i の情報量の削減にならざるを得るものでなかった。

【0007】 本発明の目的は、前記した従来技術の問題点を除去し、動きのある映像部分の雑音に対しても有効に対処することができる動き適応型雑音除去フィルタを提供することにある。

【0008】 また、他の目的は、ハードウェア増加につながらず、かつ伝送すべき情報量の削減に寄与する前記動き適応型雑音除去フィルタを用いた動き補償フレーム間符号化装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】 前記目的を達成するために、請求項1の発明は、動画像から、該動画像に重畳した雑音を除去するようにした動き適応型雑音除去フィルタにおいて、前記動画像に対して、局所的に、動きベクトルを検出する手段と、得られた該動きベクトルに基づ

3

いて動き補正を行う手段と、現フレームと動き補正された前フレーム間に適用される低域通過フィルタと、該低域通過フィルタのフィルタ係数 k を制御するフィルタ係数制御部とを具備した点に特徴がある。

【0010】また、請求項3の発明は、符号化側の動き補償フレーム間DPCMループと、復号化側のフレーム間DPCMとを備えた動き補償フレーム間符号化装置において、前記符号化側の動き補償フレーム間DPCMループ内で、局部復号を作り出す直前の予測誤差の量子化再生値に、前記フィルタ係数 k を乗じる掛算器と、前記復号化側のフレーム間DPCM直前の予測誤差再生値に、前記フィルタ係数 k を乗じる掛算器とを具備した点に特徴がある。

【0011】

【作用】請求項1の発明によれば、局所的に、正確な動きベクトルを検出し、得られた動きベクトルに基づいて動き補正を行った上で、フレーム間の低域通過フィルタをかける。この時、画素単位にフィルタ係数を制御することにより、動きのある画像においてもボケを最小限にとどめながら、雑音を大幅に低減し、高画質化が可能となる。

【0012】また、請求項3の発明によれば、画像圧縮のために動き補償フレーム間符号化を行う場合、エンコーダ側とデコーダ側において、予測誤差の量子化再生値に各々フィルタ係数を乗じることにより、ハードウェアの増加をほとんどなくして前述の動き適応雑音除去フィルタと等価な処理が実現でき、しかも発生情報量の削減にもつながり、コンパクトなハードウェアで高圧縮ながら高画質化が実現可能となる。

【0013】

【実施例】以下に、本発明を、図面を参照して、詳細に説明する。図1は、本発明の動き適応型雑音除去フィルタの一実施例の構成を示すブロック図である。

【0014】図において、1は動き検出部であり、たとえば8画素×8ラインサイズのブロック単位に動き検出を行う。2は動き検出を行うために、前フレームを蓄積しておくためのフレームメモリである。3はブロック単位で動きの補正を行う動き補正部であり、4はフレーム間フィルタの係数を制御するためのフィルタ係数制御部である。5は雑音除去された出力画像を蓄積しておくためのフレームメモリである。また $S1(x, y)$ はフレーム1（現フレーム）内の位置 (x, y) の入力画像における画素である。また、6、7は掛算器、8は加算器であり、これらにより雑音除去フィルタが形成されている。

【0015】前記フィルタ係数制御部4は、画素メモリ11、減算器12、13、および該減算器12、13の出力であるフレーム内画素間差分値、フレーム間差分値をフィルタ計数 k に変換するROM14から構成されている。該ROM14中に格納されている変換テーブルの一例を、図2に示す。図は、横軸にフレーム間差分値、

4

縦軸にフレーム内画素間差分値を示し、それぞれは8ビット表現による数値を示している。大体の傾向としては、フレーム間差分およびフレーム内画素間差分の値が小さい程、すなわち相関が強い程、フィルタ係数 k は小さくなり、逆にこれらが大きくなると、すなわち相関が弱くなると、フィルタ係数 k は大きくなる。前記動き検出部1は、雑音が重畳した入力画像画素を複数個の小ブロックに分割し、フレームメモリ2に格納されている1フレーム遅延した前フレームと、現フレームの間で、ブロック単位の動き検出を行い、各ブロックにおける動きベクトル (MVx, MVy) を求める。これと同時に、掛算器6は、入力画像の雑音を除去すべき画素 $S1(x, y)$ の画素値にフィルタ係数 $1-k$ を乗じる。

【0016】一方、すでにフィルタをかけられた前フレーム $(1-1)$ はフレームメモリ5に蓄えられており、動きベクトル (MVx, MVy) により動き補正が行われた画素に掛算器（ROM）7によりフィルタ係数 k を乗じ、この両者を加算器8により加え合わせ、出力画像 $S'1(x, y)$ を得る。また、この時、前記フィルタ係数制御部4内の減算器13によりフレーム間差分値 $(S1-S'1-1)$ を得、また、画素メモリ11および減算器12によりフレーム内の近傍画素との画素間差分値を得、これらの差分値によりROM14において、フィルタ係数 k を制御する。以上のように、本実施例によれば、動き補正部3にて、画像を、ブロック単位で動き補正すると共に、フィルタ係数制御部4にて、フレーム間差分値およびフレーム内画素間差分値をもとに、画素毎にフィルタ係数 k を求め、掛算器6、7および加算器11によりフィルタ処理するようにしているので、入力画像の静止部分あるいはゆっくりとした動き部分の雑音除去だけでなく、早く動く画像部分の雑音をも、有効に除去できるという効果がある。

【0017】次に、本発明の第2実施例を、図3を参照して説明する。この実施例は、前記第1実施例の動き適応型雑音除去フィルタを、動き補償フレーム間符号化方式に適用した、雑音除去フィルタ内蔵動き補償フレーム間符号化方式の原理ブロック図である。

【0018】図において、20は入力画像の画素 $u1(x, y)$ と予測値 $u1-1(x-MVx, y-MVy)$ との差をとり予測誤差 $\varepsilon1(x, y)$ を出力する減算器、21はDCTやアダマール変換などの直交変換部であり、より高い圧縮を行うときに用いられる。22は量子化部、23は逆量子化部である。24はフィルタ係数制御部4からのフィルタ計数 k と、前記予測誤差 $\varepsilon1(x, y)$ に量子化操作により雑音が重畳された予測誤差再生値とを掛算し、該雑音を除去する掛算器、25は逆直交変換部、26は加算器である。また、27は局部復号画像を蓄積しておくためのフレームメモリ、28は動きベクトル (MVx, MVy) を検出するための動き検出部、29は動き補正部である。なお、4は図1の同符号のものと同一または

同等の構成を有するフィルタ係数制御部である。

【0019】以上の構成により、雑音除去フィルタ内蔵動き補償フレーム間符号化方式の送信側、すなわちエンコード側の動き補償フレーム間DPCMループ(DPCM: Differencial Puls Coded Modulation)が構成されている。

【0020】次に、受信側、すなわち、デコード側の構成を説明する。31は送信側から送られてきた量子化された予測誤差 $\varepsilon_l(x, y)$ と雑音 n_l を逆量子化する逆量子化部、32は掛算器、33は逆直交変換部、34は加算器、35はフレームメモリ、36は動き補正部である。前記加算器34、フレームメモリ35および動き補正部36は、復号化側のフレーム間DPCMを構成している。

【0021】この実施例の構成上の特徴は、動き補償フレーム間符号化方式の送信側に、フィルタ制御部4と掛算器24を設け、また受信側にフィルタ制御部4と掛算器32を設けた点であり、他の構成は従来の公知の構成である。

【0022】次に、本実施例の動作を説明する。送信(エンコード)側において、動き検出部28は符号化すべき現フレーム l 上の画素 $u_l(x, y)$ と、フレームメモリ27に格納されている前フレーム $(l-1)$ の再生画像との間で動き検出を行い、動きベクトル (MV_x, MV_y) を求める。動き補正部29は、この動きベクトルをもとにして、動き補正を行い、予測値 $u_{l-1}(x - MV_x,$

$y - MV_y)$ を作り出す。

【0023】減算器20は、画素 $u_l(x, y)$ と予測値 $u_{l-1}(x - MV_x, y - MV_y)$ との差分値(予測誤差) $\varepsilon_l(x, y)$ を求める。量子化部22は、該 $\varepsilon_l(x, y)$ を量子化した後、動きベクトルと共に受信側へ送る。

【0024】受信側では、予測誤差の再生値 $\varepsilon'_l(x, y)$ に対して、フィルタ制御部4と掛算器32からなる動き適応型雑音除去フィルタを適用し、雑音の除去を行う。次いで、加算器34、フレームメモリ35および動き補正部36により、予測誤差の再生値 $\varepsilon'_l(x, y)$ を通常の画像信号に再生し出力する。この再生画像が、 $u'_l(x, y)$ である。

【0025】次に、前記図3の第2実施例の構成を簡単化してモデル図で表すと、図4のようになる。ここで、 x_l は入力信号、 y_{l1} は予測信号、 ε_l は予測誤差信号、 n_l は量子化雑音信号であり、 y_{l3} は最終的な出力信号である。また、 k はフィルタ係数であり、 Z^{-1} はフレーム遅延を表す遅延因子である。

【0026】次に、図8の従来のモデル図と図4のモデル図とを参照することにより、両者の動作が等価であることを証明する。

【0027】まず、図8のモデル図において、入力信号 x_l からみた伝達関数を求める。予測信号 y_{l1} 、予測誤差信号 ε_l に着目すると、それぞれ次の式が成立する。

【0028】

$$y_{l1} = Z^{-1} (y_{l1} + x_l - y_{l1} + n_l) = Z^{-1} (x_l + n_l) \dots (1)$$

$$\varepsilon_l = x_l - y_l = (1 - Z^{-1}) x_l - Z^{-1} n_l \dots (2)$$

また、 y_{l2} 、 y_{l3} に関して、次の(3)、(4)式が成立する※。

$$y_{l2} = (\varepsilon_l + n_l) / (1 - Z^{-1}) \dots (3)$$

$$y_{l3} = k Z^{-1} y_{l3} + (1 - k) (\varepsilon_l + n_l) / (1 - Z^{-1}) \dots (4)$$

ここで、(2)式を(3)式に代入すると、 $y_{l2} = x_l + n_l$ になるから、(4)式から、最終の出力信号 y_{l3} を求め★

$$y_{l3} = (1 - k) / (1 - k Z^{-1}) \cdot (x_l + n_l) \dots (5)$$

次に、図4のモデル図において、入力信号 x_l から y_{l3} を見た伝達関数を求める。まず、予測信号 y_{l1} 、予測誤差★ ε_l に着目すると、それぞれ次の式(6)、(8)が成立する。

$$y_{l1} = Z^{-1} \{ y_l + (1 - k) (x_l - y_l + n_l) \} \dots (6)$$

これを y_{l1} で整理すると、次のようになる。

$$y_{l1} = (1 - k) Z^{-1} / (1 - k Z^{-1}) \cdot (x_l + n_l) \dots (7)$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_l &= x_l - y_{l1} \\ &= \{ (1 - Z^{-1}) x_l - (1 - k) Z^{-1} n_l \} / (1 - k Z^{-1}) \dots (8) \end{aligned}$$

また、最終出力 y_{l3} に着目すると、次の式が成立する。

$$y_{l3} = Z^{-1} y_{l3} + (1 - k) (\varepsilon_l + n_l)$$

$$\text{すなわち、} y_{l3} = (1 - k) / (1 - Z^{-1}) \cdot (\varepsilon_l + n_l) \dots (9)$$

ここで、(8)式を(9)式に代入すると、次の式が成立する◆。

$$\begin{aligned} y_{l3} &= (1 - k) / (1 - Z^{-1}) \cdot \{ (1 - Z^{-1}) x_l - (1 - k) Z^{-1} n_l \\ &\quad \} / (1 - k Z^{-1}) + n_l \\ &= (1 - k) / (1 - k Z^{-1}) \cdot (x_l + n_l) \dots (10) \end{aligned}$$

したがって、図8のモデル図における(5)式と、図4のモデル図における(10)式とは一致し、両者は等価であることがわかる。換言すれば、この第2実施例によれば、送信及び受信における符号化処理にフィルタ制御部

7

4を内蔵させることで、ハードウェアの増加をほとんどみることなく、動き補償フレーム間符号化方式を実現することができる。

【0029】次に、本実施例の送信側から受信側へ出力される信号、すなわち予測誤差 ε_1 は、(8)式で表されている。そこで、この予測誤差 ε_1 に関して、図8のモデル図の(2)式と、(8)式とを比較する。そうすると、差分値 $(1-Z^{-1})x_1$ と、帰還量子化雑音 $-Z^{-1}n_1$ について、下配の関係、 $H(z)$ 、 $kH(z)$ があることがわかる。

【0030】差分値 $(1-Z^{-1})x_1$ に関しては、(8)式は(2)式の、 $1/(1-kZ^{-1})$ 倍である。また、帰還量子化雑音 $-Z^{-1}n_1$ に関しては、(8)式は(2)式の、 $(1-k)/(1-kZ^{-1})$ 倍である。すなわち、下配のように表される。

【0031】 $H(z) = 1/(1-kZ^{-1})$

$kH(z) = (1-k)/(1-kZ^{-1})$

前記の $H(z)$ 、 $kH(z)$ は、高域抑圧型のフィルタを表している。換言すれば、フレーム間相関が低く、高周波成分を多く含んでいる動き補償フレーム間差分値および帰還量子化雑音は、このフィルタにより小さくなり、送信側から受信側へ出力される情報量の圧縮につながることをとなる。

【0032】

【発明の効果】図5に示されているような動き補償離散コサイン変換フレーム間符号化方式(動き補償DCT)を用いて、本発明の効果を検証する。図において、41は動き補償DCTの符号化側、42は動き補償DCTの復号化側、43は従来技術である単純フレーム間雑音除去フィルタ部、44は本発明の第1実施例で説明した動き適応雑音除去フィルタ部である。また、45、46、47は、それぞれ、従来装置と本発明の装置を適宜実現するためのスイッチング部である。

【0033】該スイッチング部45、46、47により、Aが選択された場合には、符号化に際して発生する雑音に対し、雑音除去を行わない場合が実現される。Bが選択された場合には、符号化に際して発生する雑音に対し、動きを考慮せず単純フレーム間雑音除去フィルタを入れる場合、すなわち従来技術が実現される。また、Cが選択された場合には、符号化に際して発生する雑音に対し、請求項1のフィルタを適用する場合が実現される。さらに、Dが選択された場合には、符号化に際して発生する雑音に対し、請求項3を適用する場合が実現される。

8

【0034】次に、動き補償DCT符号化における符号化パラメータ及び用いるテストデータを図6に示す。具体的なテストデータとしては、「フラワガーデン」、「モーバイルアンドカレンダ」を用いた。なお、これらの具体的な画像は、周知ではあるが、例えば、テレビジョン学会誌「画像情報工学と放送技術」、1993年、NO. 9、VOL. 47の第1225(71)頁に掲載されている。

【0035】このような条件のもとで行われた、再生画像の主観評価結果と発生ビットレートを示したのが、図7である。図示されている通り、従来方式A、Bにおいては、雑音はほとんど除去されない。

【0036】しかしながら、請求項1の雑音除去方式Cによれば、特に目立つエッジ部分の雑音が大きく軽減されていることがわかる。また、請求項3の方式Dを適用することにより、ほとんどハードウェアの増加なしで、請求項1と同じ画質が得られ、また発生情報量の削減も達成されており、本発明が効果的であることが理解できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施例の構成を示すブロック図である。

【図2】 フィルタ係数制御部における変換テーブルの一例を示す図である。

【図3】 本発明の第2実施例の構成を示すブロック図である。

【図4】 図3の主要部のモデル図である。

【図5】 本発明の効果を検証するために使用した装置の概略のブロック図である。

【図6】 前記検証に使用したテストデータおよび符号化パラメータの説明図である。

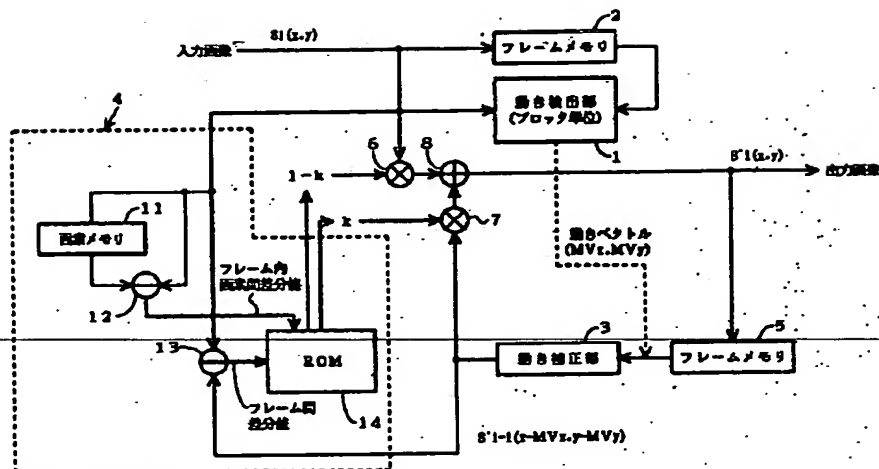
【図7】 評価比較結果の説明図である。

【図8】 従来の動き補償フレーム間符号化方式に、雑音除去フィルタを適用した場合のモデル図である。

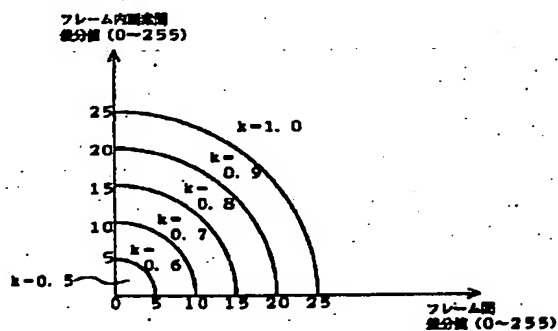
【符号の説明】

1…動き検出部、2…フレームメモリ、3…動き補正部、4…フィルタ係数制御部、5…フレームメモリ、6、7…掛算器、8…加算器、11…画素メモリ、12、13…減算器、14…ROM、20…減算器、22…量子化部、23…逆量子化部、24…掛算器、26…加算器、27…フレームメモリ、28…動き検出部、29…動き補正部、31…逆量子化部、32…掛算器、34…加算器、35…フレームメモリ、36…動き補正部。

【図1】



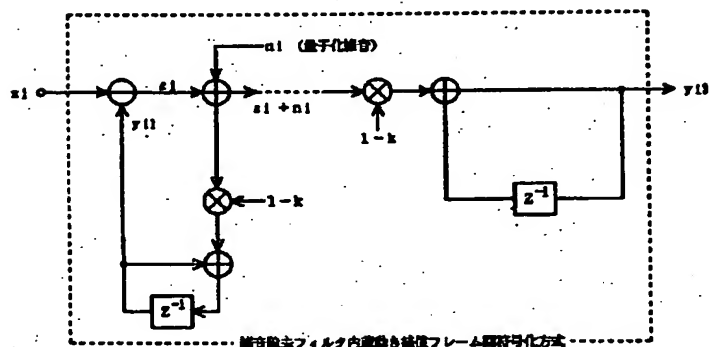
【圖 6】



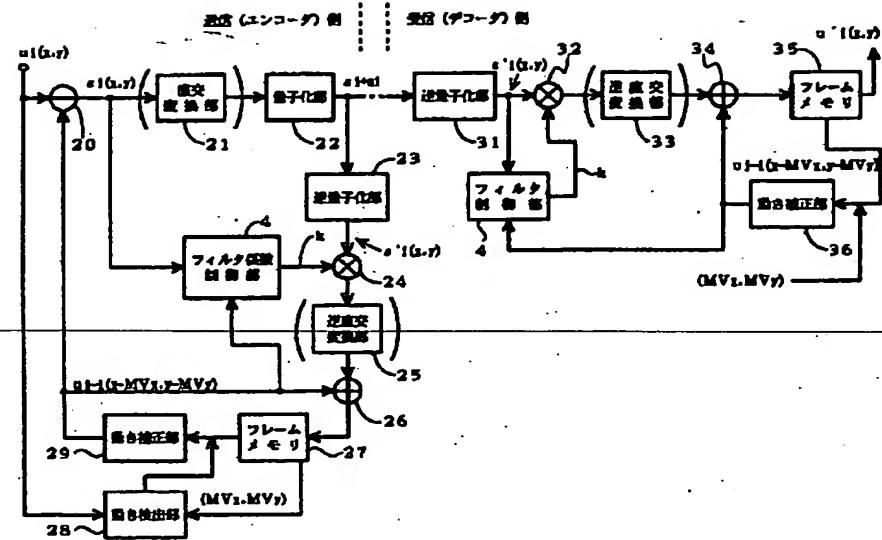
テストデータ及び符号化パラメータ

テスト名	4:2:2コンポーネント信号(720p1×480ライン) フラワーガーデン、モノパルアンドカレンダー
動き検出の範囲	水平±15pel(1pel1線)、垂直±14ライン(2ライン検出) 計465ペタル、フルサーチ
動き検出の単位	16pel×16ライン(マイクロブロック)単位
量子化	固定特性を考慮した動き方向、マトリクスをかけた後逐次量子化
可変長符号	DC符号: 2次元ランレングス 動きベクトル: B2コード
フレーム数	90フレーム
圧縮後の ビットレート	約5Mbps(入力210Mbps)

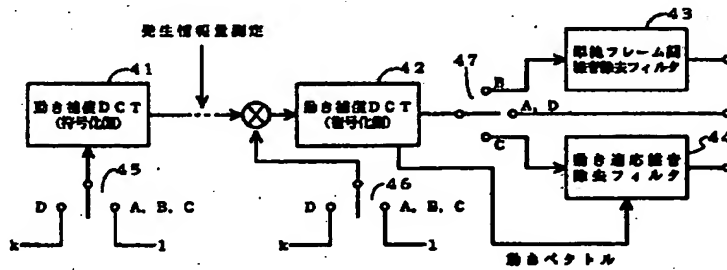
【图4】



【図3】



【図5】



【図7】

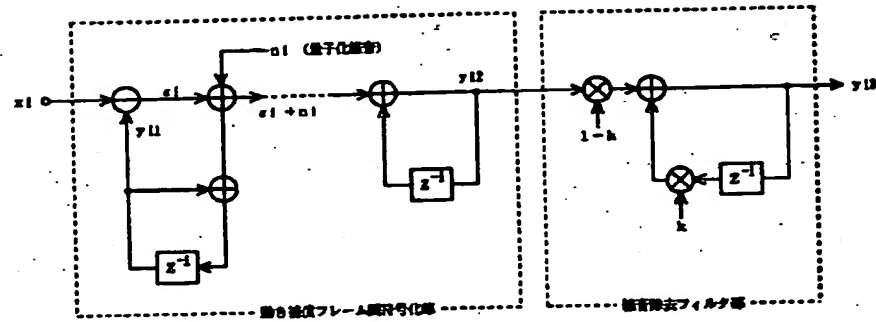
各種雑音除去方式の評価比較結果

	フラワーガーデン		モーパイルアンドカレンダー	
	5段階評価	発生情報量	5段階評価	発生情報量
	主観評価		主観評価	
雑音除去を行わない (A)	3.3	5.0Mbps	3.1	5.0Mbps
	図解、花畑でセスキート騒音による妨害が気になる		カレンダーの文字にじみ、背景のエッジ部分セスキート騒音多量	
早期フレーム間雑音除去フィルタ (B)	3.4	5.0Mbps	3.2	5.0Mbps
	(A) に対しほとんど改善効果なし		(A) に対しほとんど改善効果なし	
動き適応雑音除去フィルタ (C)	4.0	5.0Mbps	4.1	5.0Mbps
	セスキート騒音が激減し、ざわつきがなくなる		文字、エッジ部分での劣化が激減	
雑音除去フィルタ内蔵動き検出DCT (D)	4.0	4.7Mbps	4.1	4.6Mbps
	(C) と同じ画質		(C) と同じ画質	

(8)

特開平7-288719

【図8】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. °

H04N 7/32

11/04

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

B 9185-5C

H04N 7/137

Z

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.